

Vesmír a život očima astrobiologa

Je či není život ve vesmíru ojedinělý? Tuto otázku si kladou lidé již odnepaměti. Rozvoj poznání přinesl výrazné zlepšení technického pozorovacího vybavení, což usnadnilo pátrání po obyvatelném prostředí a stopách života ve vesmíru. Hledáme důkazy prebiotické chemie, zkoumáme biosféry exoplanet, a v hlavě nám zní věčná otázka: „Jsme tady sami?“ Kde život ve vesmíru hledat a jak by mohl vypadat? O tom jsme hovořili s **RNDr. Tomášem Petráskem, Ph.D.**, z Fyziologického ústavu AV ČR, popularizátorem astronomie a astrobiologie.

Jakým otázkám se astrobiologie věnuje a z čeho při pátrání po možných projevech mimozemského života vychází?

„Astrobiologie se věnuje pátrání po mimozemském životě a mnoha dalším souvisejícím otázkám. Astrobiologie například změnila způsob, jakým uvažujeme o vzniku a vývoji života na Zemi. Ptáme se, kdy a proč se udála ve vývoji života nějaká změna a zda byla nevyhnutelná? Proč vlastně vyšel život z vody na souš a bylo to něčím předem dáno? Má načasování této události nějaké skryté, nám neznámé důvody? A byla způsobena velká vymírání na Zemi vnějšími vlivy, nebo jde o vnitřní souvislosti planetárního ekosystému?“

S jakou definicí života astrobiologie pracuje? Je možné ho definovat tak, aby tento popis obsáhl veškeré jeho projevy?

„NASA ve svém astrobiologickém výzkumu definuje život jako sebeudržující se systém, schopný darwinovské evoluce. Ve schopnosti evoluce se skrývá schopnost reprodukovat se a předávat dědičnou informaci. Pokud by život vytvářel pouze identické kopie, nevyvíjel by se.“

Jaké podmínky musí být splněny, aby mohl život vzniknout?

„Život jako chemický systém by zřejmě musel být založen na bázi nějaké tekutiny, která by fungovala jako rozpouštědlo a v níž by docházelo k chemickým reakcím. Lze si jen těžko představit, že by obdobný proces mohl fungovat třeba v plynném nebo pevném skupenství. Dalším předpokladem života je přítomnost specifické molekuly, která nese informaci. Nám známé organismy používají molekuly DNA a RNA, ale mohou existovat i jiné, které by mohly tento účel plnit. Některé již byly chemicky syntetizovány. Dále musíme mít tzv. strukturální molekuly, tedy ty, které tvoří tělo organismu a umožňují mu existovat a uskutečňovat jednotlivé životní děje. U nás to zajišťují proteiny. A život samozřejmě potřebuje neustálý přísun 'stavebního materiálu' a především energie – už jen na to, aby mohl existovat. Bez energie nelze systém organismu udržovat a nebylo by možné ani rozmnožování. Energie je tím, co životu umožňuje udržet si vysokou organizovanost, a dokonce ji v průběhu biologické evoluce i zvyšovat.“

Když tedy víme, co je pro vznik života potřeba, byli bychom schopni jej simulovat ve virtuálním prostředí?

„To je spíše filozofická otázka, protože z praktického hlediska nemá smysl o takovém experimentu přemýšlet jako o životě, alespoň zatím ne. Kdybychom v simulovaném prostředí něco nechali vyvíjet, jak bychom stanovili, zda jde už o opravdický život, nebo pouze o jeho simulaci?“

V devadesátých letech 20. století proběhla simulace umělého ekosystému Biosféra; šlo o napodobení pozemské biosféry v umělém prostředí kosmické základny. S jakými výsledky?

„Bohužel, už prvotní experiment skončil krachem, prostředí se prostě zhroutilo. Experimentální skleník byl potom využíván k jiným účelům a nyní existuje snaha vrátit jej k původnímu cíli. Podobné pokusy se dělají v menším měřítku. Biosféra ale byla extrémně zajímavá, protože se tam projevila řada neočekávaných problémů. Například začal klesat podíl kyslíku v atmosféře. Mohl za to ve velké míře beton, který pohlcuje CO₂. Tento plyn sice vnímáme jako vydýchaný vzduch, který by nikomu neměl chybět, jenže když zmizel z atmosféry, rostliny neměly z čeho vytvářet kyslík a obyvatelé se tam začali dusit.“

Pokud uvažujeme o tom, že je k životu potřeba především uhlík, předpokládáme vlastně, že by život měl fungovat na stejném či podobném principu jako na Zemi. Uvažuje se i o jiných prvcích?

„S neuhlíkovým životem je to pochopitelně těžší, protože neznáme žádný jeho konkrétní příklad. Můžeme v laboratoři vytvářet neuhlíkové molekuly a zkoumat, zda by mohly být základem hypotetického života, pořád nám to však nedává odpověď na samotnou otázku, zda takový život existuje. A protože netušíme, jak přesně by měl vypadat, bude se nám velice

těžko hledat. Podle mě ale bude většina života ve vesmíru založená na bázi uhlíku.“

Proč si to myslíte?

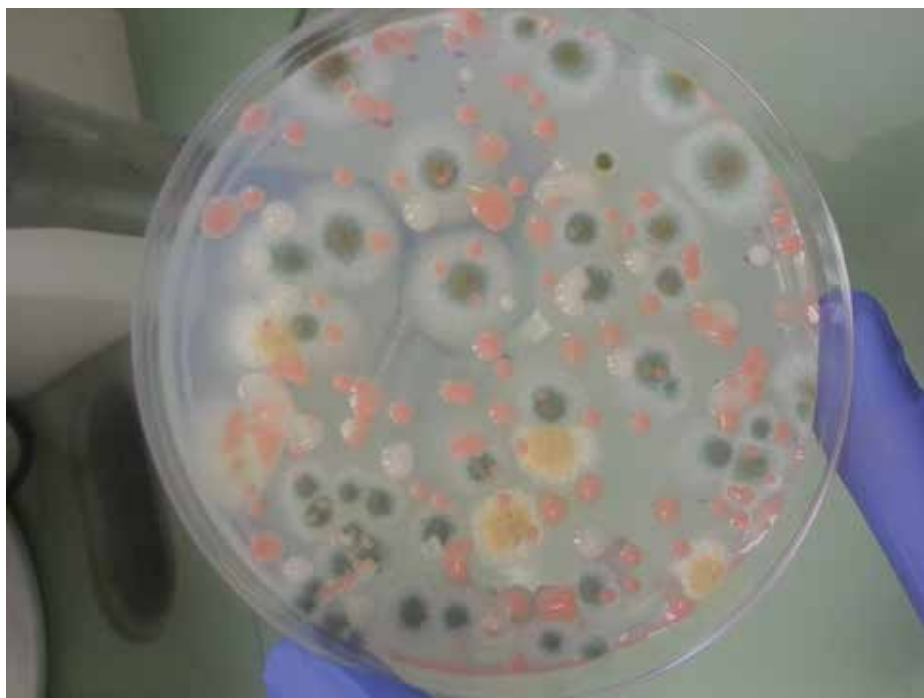
„V našich organismech jsou zásadními prvky vodík, uhlík, dusík a kyslík, a tyto prvky jsou zároveň ve vesmíru nejhojnější. Uhlíková chemie se ve vesmíru objevuje prakticky všude, kde to fyzikální podmínky nevyklučují. S chemií bez účasti uhlíku jsou problémy. Látky bývají méně složité, a pokud už složité jsou, jsou méně stabilní, takže by vyžadovaly specifická prostředí, kde by mohly vznikat a existovat. To se týká třeba života na bázi křemíku. Organické molekuly uhlíkového typu vidíme v podstatě všude – létají mezihvězdným prostorem, najdeme je na kometách, planetách i měsících; je to zkrátka materiál, který je navíc po ruce. Pochopitelně to ještě nedokazuje, že by to nešlo i jinak, ale na základě hrubé statistiky jsou v jasné výhodě uhlík a voda.“

Jaké jsou vlastně hranice života?

„Země doslova kypí životem, který je mnohem přizpůsobivější, než by si člověk mohl myslet. Najdeme tu i organismy, které prosperují v extrémním prostředí, tzv. extrémofily. Mohou existovat v teplotách nad bodem varu, v extrémně slaném prostředí, v roztocích kyselých i zásaditých či za extrémních tlaků, mnohonásobně převyšujících tlak na dně Mariánského příkopu. Některým bakteriím se daří i v bezprostřední blízkosti jaderných reaktorů a tolerují až desettisíckrát vyšší dávky radioaktivity než my.“

Jaké druhy organismů jsou nejodolnější?

„Ty, které dokáží v nepříznivém prostředí třeba upadnout do tzv. kryptobiózy, tedy do stavu skrytého života. Zmínme například želvušky (*Tardigrada*). Dokud si jen tak žijí ve vlhkém



Na těchto koloniích hub by nebylo zase nic tak moc zajímavého, kdyby však jejich zárodky nepocházely z Mezinárodní kosmické stanice na oběžné dráze Země.

mechu a v poklidu se žijí bakteriemi a řasami, jsou nezajímavé. To se rychle mění v extrémní situaci, třeba když jejich prostředí vyschne. Potom upadnou do stavu kryptobiózy či anhydrobiózy (vyschnutí) a změni se v beztvaré hroudy, které se ale při návratu do vhodných životních podmínek stanou zase normálními želvuškami. Ve stavu kryptobiózy se stávají klasickými polyextrémofily. Zvládnou teploty přesahující bod varu, krátkodobě i více než 150 °C, mohou být zmrazeny v kapalném dusíku či vystaveny velkým tlakům. Můžeme je umístit do vesmírného prostoru a odolávají radiaci a různým chemikáliím. V tomto neaktivním stavu mohou strávit minimálně roky, ale pravděpodobně desetiletí či staletí.“

Nakolik lze tento stav považovat za hibernaci a jaký přínos by to mohlo mít k mezihvězdným letům?

„Hibernace u savců znamená zpomalení, ale ne úplné zastavení životních procesů; probuzení z ní si organismus řídí sám. Člověk není přizpůsobený k hibernaci a rozhodně ne k anabioze, takže využití těchto stavů v kosmonautice by vyžadovalo technologie, které ještě neznáme, možná včetně genetické modifikace astronautů.“

Dokázaly by nějaké organismy přežít třeba na Marsu, ukryté před nepříznivým prostředím?

„Ano, dokázaly by to organismy tzv. hluboké biosféry, tedy společenstvo mikroorganismů, žijící i zde na Zemi v hloubce kolem 4 km. Jsou to polyextrémofilové, což znamená, že žijí v prostředí, které je extrémní z více hledisek. V takové hloubce panuje vysoká teplota, extrémní tlak, není tam kyslík ani sluneční záření a není tam ani dostatek energie. Přesto i tam život poměrně prospívá.“

Pokud tedy budeme mimozemský život hledat, kde a jak daleko to bude?

„Musíme si správně definovat, jaký mimozemský život chceme hledat. Bude to jakýkoliv mimozemský život obecně včetně toho mikroskopického, který může být i docela blízko? Nebo nám půjde o inteligentní bytosti a mimozemské civilizace? Vesmír je skutečně obrovský, jenom v naší Galaxii máme cca 300 miliard hvězd a minimálně stejný či vyšší počet planet. A to jsme stále prakticky 'doma'. Ale asi se shodneme, že z praktického hledis-

ka nás budou zajímat taková místa, která jsou blízko a kde je tato šance na setkání alespoň hypoteticky reálná.“

Bez vody by život zřejmě možný nebyl. I želvuška ji potřebuje ke svému znovuzrození. Pokud bychom život hledali ve Sluneční soustavě, pátrali bychom tedy především na tělesech s kapalnou vodou?

„Dříve převládala představa, že Sluneční soustava je mrtvá a jedinou naději najít život máme na planetách podobných Zemi u vzdálených hvězd. Výzkum vesmíru tehdy zasáhlo zklamání z toho, že nedošlo k potvrzení romantických představ o Marťanech na Marsu a džunglích na Venuši. Ikonickými snímky té doby se staly fotografie pustého a prázdného Měsíce. Přitom již v této době začaly přicházet záběry ledových měsíců vnějších planet, které naznačovaly, že tam budou i podledovcové oceány.“

A co Mars? Nešlo by to přece jen i bez kapalně vody na povrchu?

„Ano, Mars je nejbližší Zemi i pokud jde o podmínky na povrchu; lidským, a dokonce ani želvušším potřebám však nevyhovují ani v nejmenším. Navíc tam řídkou atmosférou proniká intenzivní záření a voda se tam vyskytuje ve velmi pomíjivé formě, často kontaminovaná toxickými chemikáliemi. Snad by tam mohl být život ukrytý ve formě hluboké biosféry. Nyní tam bylo pomocí radarů objeveno podzemní jezero, čímž se Mars také zařadil na seznam těles s kapalnou vodou.“

A tělesa s podledovcovým kapalným oceánem?

„Uvažuje se o Enceladu či Europě. Většinou jde o tělesa z rodiny ledových měsíců velkých planet, např. Jupiteru nebo Saturnu. Na jejich povrchu je voda sice zmrzlá, ale pod ledovým příkrovem pulsuje kapalně oceány.“

Které těleso ve Sluneční soustavě má největší množství kapalně vody?

„Málo se ví, že tím tělesem není Země. Toto prvenství patří Jupiterovu měsíci Ganymedu, který má oceán několikrát objemnější a hlubší, než je ten pozemský.“

Díky sondě Cassini, která prolétla výtrysky vody z měsíce Encelada, již známe její přibližné složení. Byly tam nalezeny i stopy života?

„Na Enceladu panuje silná geologická aktivita a jeho ledový krunýř je proto rozpraskaný.

Voda z podpovrchového oceánu je vytlačována a tryská do vnějšího prostředí. Díky analýze víme, že je tato voda mírně slaná a co do fyzikálních

a chemických vlastností se podobá naší mořské vodě s tím, že obsahuje i důležité biogenní prvky a jednoduché organické sloučeniny. Otázku, zda je v této vodě i život, sonda Cassini zodpovědět nemohla, protože na to nebyla vybavena. Tehdy se nepočítalo s tím, že by mohla zachytit vzorky mimozemského oceánu.“

A mohl by v takové vodě existovat život?

„Možné to je. Ale byl by to život jednoduchý, protože se jedná o prostředí velmi chudé na energii. Podledovcové oceány Enceladu, Evropy a Titanu jsou odkázány na geotermální energii, proto předpokládáme spíše mikroorganismy, v nejpříznivějším případě jednoduché mnohobuněčné organismy. V případě Titanu se ale můžeme zamýšlet nad exotickým životem v jeho povrchovém oceánu kapalněho metanu.“

S postupujícím výzkumem se stávají horšími adepty na mimozemský život exoplanety, což potvrzují i výsledky nejnovějších výzkumů

„Výzkum exoplanet nabírá na tempu. V posledním desetiletí jsme získali nové informace o planetách, které se velikostí a osluněním podobají Zemi. Bohužel toho o nich ale stále víme poměrně málo. To proto, že naprostou většinu exoplanet detekujeme pouze nepřímo, což limituje množství informací, které o nich můžeme získat. Doletět k nim zatím nemůžeme, ale více informací bychom mohli získat pomocí velkých kosmických teleskopů. Tak bychom byli schopni změřit spektra jejich atmosfér.“

Co bychom ze spekter jejich atmosfér dokázali vyčíst?

„Třeba u atmosfér Marsu a Venuše detekujeme pouze spektrální čáry oxidu uhličitého. To ukazuje, že tam život není, anebo je ho tam málo. V porovnání se Zemí, kde máme i spektra vodní páry a ozonu, což naznačuje, že je zde voda, kyslík a ozonová vrstva. To následně nepřímo indikuje probíhající fotosyntézu. Pokud bychom toho mohli zjistit ze spekter exoplanet, dalo by se nepřímo soudit, že tam existuje život. Z kandidátů, o kterých uvažujeme (v okruhu 40 světelných let) je to např. planeta u Proxima Centauri.“

Pokud bychom hledali inteligentní, tedy nikoliv pouze mikroskopický mimozemský život, jak bychom vlastně definovali pojem „inteligence“?

„Definovat inteligenci je ještě problematičtější než definovat život. Nás astrobiologie zajímají bytosti, které jsou schopny navázat s námi kontakt nebo k nám přiletět. Protože pokud jde o netechnické civilizace, nemáme se s nimi prostě jak setkat.“



Jeden z prvních exobiologických experimentů dostal název Biosféra II. I když skončil neúspěchem, přinesl řadu zajímavých poznatků.



Představa cizích světů lidi lákala odnepaměti. Cílem astrobiologie je dát těmto vizím reálnější základ.



Dragonfly (Vážka) je mise NASA, která má od roku 2027 zkoumat exotické prostředí Saturnova měsíce Titanu. Tato kvadroptéra, která bude přelétávat z místa na místo a studovat různá místa na povrchu i pod ním, prozkoumá také extrémně hustou atmosféru.

Lze očekávat, že by se nám mimozemské bytosti mohly podobat?

„Dalo by se uvažovat, že by obdobné evoluční tlaky a podmínky mohly upřednostňovat podobná evoluční řešení. Občas se setkáváme s argumentem, že člověk je prostě ta nevhodnější bytost a nic lepšího evoluce už nevymyslí. Na druhou stranu vidíme, že jiné druhy k humanoidní podobě netíhnou, mají třeba sice končetiny a oči, ale v úplně jiných počtech. Z tohoto hlediska bychom mohli u mimozemšťanů očekávat i velmi exotický zjev. Inteligence totiž nepředpokládá nějakou vnější konkrétní fyzickou podobnost.“

Evoluce bývá někdy označována jako „konvergentní“. Co si pod tím můžeme představit?

„Konvergentní evoluce značí, že v podobných podmínkách dospěje vývoj k podobným výsledkům. Nemusí to však platit absolutně. Život je omezen zákony fyziky, chemie a geometrie. I kdyby na jiných planetách byla odlišná gravitace, měly by tam tyto zákonitosti platit.“

Takže by mohl ve vesmíru žít třeba obří hmyz či členovci, jak je známe z některých sci-fi filmů?

„Obrovský hmyz či členovci – to asi nepůjde. Jejich velikost je dána principem stavby vnější kostry. Např. charakter nohy hmyzu není určen k nesení velkých hmotností. Dalším problémem by pak jistě byl princip dýchání. Pozemský hmyz je specialistou na malé rozměry, takže získává kyslík vzdušnicemi, které jej sice vedou dovnitř, ale v rámci těla je pak rozváděn difúzí. Pokud by ale byl hmyz velikosti slona, tak by si určitě jenom s difúzí nevystačil.“

Ale v dávné minulosti byl i hmyz větší. Jak tehdy přežívaly třeba obří vážky?

„V prvohorách žily skutečně vážky velikosti racka, tehdy však bylo v ovzduší více kyslíku a limit velikosti pro hmyz se uvolnil. Také tu existovaly dvoumetrové stonožky, ale to bylo zase dáno stonožkovitým tvarem jejich těla.“

Takže pokud bychom se ve vesmíru setkali s hmyzem velikosti člověka, bylo by to na planetě s extrémně nízkou gravitací či extrémně kyslíkatou atmosférou. Nebo kdyby tito živočichové používali nějaký sofistikovanější systém dýchání. Obří hmyz skutečně nepatří k tomu nejpravděpodobnějšímu.“

Má tedy evoluce na výběr?

„Určitě má. Dokonce i tam, kde ji svazují zákony fyziky a geometrie, se může projevit jako poměrně kreativní. Jako příklad můžeme uvést oko. V obecném principu lze vzít čočku a naučit ji zaostřit světelné paprsky, které dopadají na sítnici, kde vytvářejí obraz. Ale tento systém zaostření obrazu je u každého organismu jiný. Lidské svaly čočku deformují a ona změnou svého tvaru mění světelný paprsek, ale ryba naopak čočku nedeformuje, ale pohybuje s ní zepředu a dozadu jako s lupou. A pavouk má čočku zabudovanou napevno a pohybuje pouze sítnicí.“

Můžeme i přes všechny tyto argumenty předpokládat, jak by mimozemská inteligentní a technologicky vyspělá bytost mohla vypadat?

„Pravděpodobně by mimozemšťané museli mít ruce, nebo jejich obdobu. Pečovali by o svá mláďata a museli by mít dobře vyvinuté smysly, aby mohli manipulovat se svým okolím, vnímat ho a používat nástroje. Museli by být komunikativní, tvořiví a společenští, aby si mohli předávat svoje poznatky a zkušenosti, protože radioteleskop nebo kosmickou loď by bez čerpání ze zkušeností ostatních nikdo sám nepostavil. Určitě by hodně záleželo i na jejich biologické podstatě, ale v zásadě by to mělo platit.“

A jak by se inteligentní mimozemšťané mohli chovat?

„Asi by vás zajímalo, zda by uvažovali stejným způsobem jako my a zda bychom jim byli schopni porozumět. Protože by šlo o tvory, vzniklé evolucí jako my, zřejmě by také nejčastěji mysleli na sebe, nebyli by to ďáblové“

ani svatí a ani bych si od nich nesliboval, že to budou nějakí moudří učitelé, kteří vyřeší naše problémy a nic za to nebudou chtít. A také proto bych doporučoval při kontaktu s nimi rozumnou dávku opatrnosti.“

Jak vlastně dopadl známý projekt SETI – pátrání po mimozemských civilizacích?

„Pravdou je, že NASA již tento projekt nepodporuje, ale ve světě stále ještě probíhá. Je známo, že již bylo zachyceno několik sporných signálů, ale bohužel žádný, který by se dal nepopíratelně připsat mimozemšťanům.“

*Jana Žďárská, Fyzikální ústav ČSAV v Praze
Foto a ilustrace: NASA, ESA, Michael Daly, archiv*



RNDr. Tomáš Petrásek, Ph.D. (*1984) vystudoval Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy v Praze. Od roku 2006 pracuje ve Fyziologickém ústavu AV ČR a od roku 2014 také v Národním ústavu duševního zdraví v Kleanech. Doktorský titul získal v roce 2014. Profesionálně se věnuje studiu mozku a chování a modelům duševních poruch. Vedle toho také popularizuje astronomii a astrobiologii (přednášky, knižní série *Vzdálené světy*), od roku 2015 přednáší *Základy astrobiologie* na PřF UK.